

Niilo Pelkonen

3D-SKANNERIJÄRJESTELMÄN VIIMEISTELY JA KÄYTTÄJÄKOESTUS

3D-SKANNERIJÄRJESTELMÄN VIIMEISTELY JA KÄYTTÄJÄKOESTUS

Niilo Pelkonen
Opinnäytetyö
Kevät 2023
Tietotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Tietotekniikan tutkinto-ohjelma, ohjelmistokehityksen suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Niilo Pelkonen

Opinnäytetyön nimi: Automaattisen 3D-skannerijärjestelmän viimeistely sekä tutkiminen

Työn ohjaaja: Teemu Leppänen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2023

Sivumäärä: 23 + 1 liite

Opinnäytetyön päätarkoituksena oli parantaa ja viimeistellä aikaisemmin luodun järjestelmän sulavuutta sekä ulkoasua toimeksiantajan standardien mukaisiksi ja tutkia lopuksi tässä onnistumista esimerkiksi toimivuuden sekä helppokäyttöisyyden kannalta kohderyhmällä. Työn lähtövaiheissa oli jo aikaisemmissa projekteissa tehty 3D-skannerijärjestelmä, joka oli toiminnallisesti valmis, mutta kaipasi vielä viimeistelyä.

Opinnäytetyö jakautui viimeistelyvaiheeseen sekä tutkimusvaiheeseen. Viimeistelyvaiheeseen kuului skannerin käyttöliittymän ja muun ohjelmiston viimeistely sekä fyysisen tablettijalan suunnittelu ja valmistaminen. Käyttöliittymän sekä muun ohjelmiston viimeistelyä koskeva vaihe piti sisällään lähinnä helppokäyttöisyyteen sekä järjestelmän sulavuuteen liittyvää testailua ja parantelua. Tutkimusvaihe toteutettiin antamalla koehenkilöiden käyttää skanneria itsenäisesti. Kokeilun päätteeksi heille annettiin kyselylomakkeet, joista tutkimuksen ydintulokset saatiin selville. Koehenkilöinä toimivat vapaaehtoiset henkilöt työympäristön läheltä. Lopullisessa koetilanteessa oli paikalla neljä testihenkilöä.

Tutkimuksen päätavoitteessa onnistuttiin. Päästiin siihen johtopäätökseen, että viimeistelty 3D-skannerijärjestelmä oli helppokäyttöinen sekä sulava. Eniten kritiikkiä sai käyttäjätietojen kysymisen vasta prosessoinnin jälkeen, mikä nosti prosessin odotusaikaa. Tämän korjaaminen jäi mahdolliseksi kehitysehdotukseksi. Opinnäytetyön tuloksena saatiin toimeksiantajalle hyödyllinen tulos ja yhtäaikaista tekijälle tarpeeksi haastava sekä monipuolinen projekti. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi järjestelmän helppokäyttöisyyden parantamiseen sekä järjestelmän tuomiseen julkiseen käyttöön. Käytännön oppimistavoitteita olivat esimerkiksi laadukkaan ja helppokäyttöisen käyttöliittymän suunnitteleminen, oikean kohderyhmän tutkiminen sekä tuloksen löytäminen. Ajatusmaailmaan liittyvää puolestaan oli esimerkiksi omaan kädenjälkeen luottaminen sekä itsensä kehittäminen työympäristössä.

Asiasanat: 3D-skannaus, fotogrammetria, käyttäjätutkimus, web-kehitys

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology, Option of Software Development

Author: Niilo Pelkonen
Title of thesis: Finishing and studying an automatic 3D-scanning system
Supervisor: Teemu Leppänen
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2023
Number of pages: 23 + 1 appendix

The main purpose of the thesis was to improve and finish the feel and appearance of a previously created system, and to study the success of this, for example, in terms of functionality and ease of use. In the beginning of the thesis, there was already a functional 3D scanner system made in previous projects, but it was very bare-bones.

The thesis was divided into a work phase and a research phase. The work phase included finalizing the scanner's user interface and other software, as well as designing and manufacturing the physical tablet stand. The research phase was carried out by letting volunteers use the scanner independently. At the end of the experiment, they were given questionnaires, from which the core results of the study were revealed.

The main goal of the study was achieved. The study came to the conclusion that the finished 3D scanner system is easy to use and feels smooth. The most criticism came from the decision to ask for user information only after processing, which increased the waiting time. Fixing this is a possible improvement in the future. The thesis was useful for the client, and at the same time a sufficiently challenging and versatile project for the author. The results of the research can be used, for example, to bring the system into public use.

Keywords: 3D-scanning, photogrammetry, user research, web development

SISÄLLYS

SANASTO.....	6
1 JOHDANTO.....	7
2 JÄRJESTELMÄN YLEISKUVA.....	8
2.1 Järjestelmän osat.....	8
2.1.1 3D-skanneri ja PC.....	8
2.1.2 Web-sovellus.....	9
2.2 Järjestelmän toiminta.....	10
3 JÄRJESTELMÄN VIIMEISTELY.....	12
3.1 Lähtökohta.....	12
3.2 Viimeistelyvaihe.....	13
3.2.1 3D-Skanneri ja PC.....	13
3.2.2 Web-sovellus.....	14
3.2.3 Tablettijalka.....	15
4 KÄYTTÄJÄKOESTUS.....	17
4.1 Suunnitteluvaihe.....	17
4.2 Toteutus.....	17
5 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	19
5.1 Tulokset.....	19
5.2 Johtopäätökset.....	20
6 POHDINTA.....	22
LÄHTEET.....	23
LIITTEET.....	23

SANASTO

3D-skanneri	Yhdestä tai useammasta kamerasta muodostuva järjestelmä, joka kuvaa kohdetta joka puolelta.
Bootstrap	Avoimen lähdekoodin CSS-kehys, joka on kehitetty responsiivisten verkkosivustojen kehittämiseen.
CAD	Computer Aided Design, Tietokoneavusteinen suunnittelu.
CSS	Cascading Style Sheets, Tyylitiedostot ulkoasun määrittämiseen.
Fotogrammetria	Tekniikka, joka käyttää valokuvia kohteiden kolmiulotteiseen mitaukseen
HTML	Hypertext Markup Language, Kuvauskieli verkkosivujen tekoon.
LAN	Local Area Network, Rajoitetulla alueella toimiva tietoliikenneverkko.
Log-tiedosto	Tiedosto, johon ohjelma voi kirjoittaa tarpeellista tietoa esimerkiksi sen pyörittämisestä.
Näytönohjain	Tietokoneen komponentti, joka piirtää grafiikan tietokoneen näytölle.
Palvelin	Tietokone, joka tarjoaa siinä ajettavien ohjelmistojen välityksellä erilaisia palveluja muille ohjelmille.
Python	Monipuolinen korkean tason ohjelmointikieli.
Raspberry Pi	Yhden piirilevyn tietokone.
Rajapinta	Mahdollistaa pyyntöjen teon ohjelmistolle, josta halutaan noutaa tai tuoda tietoja
REST	Representational State Transfer, malliohjelmisto rajapintojen toteuttamiseen
Skripti	Yksinkertainen ohjelma, joka on yleensä suunniteltu johonkin erityiseen tarkoitukseen ja toimii vain tietyssä rajatussa ympäristössä.
Web-sovellus	Sovellusohjelma, jolla on verkkoselaimella käytettävä käyttöliittymä.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aihe pohjautuu 3D-skannerin käytön automatisoinnin ja sen mahdollistavan järjestelmän ympärille. Itse 3D-skanneri on toimeksiantajan eli Oulun yliopiston 6G Flagship -ohjelman yksi demonstraatio. Käytännössä 3D-skanneri koostuu 115 kamerasta, jotka ottavat kohteesta, tässä tapauksessa ihmisestä, yhtäaikaaisesti kaksi sarjaa kuvia. Kuvat siirretään tietokoneelle, joka muodostaa niistä tarkan 3D-mallin käyttäen Agisoft Metashape Professional -ohjelmaa. Suunnittelin ja toteutin työtä edeltävissä projekteissa järjestelmän, joka mahdollistaa 3D-skannerin käytön itsenäisesti ja antaa käyttäjälle lopuksi linkin valmiiseen 3D-malliin.

Opinnäytetyö tehtiin itse tekijän eli minun näkökulmasta. Tavoitteena oli parantaa ja viimeistellä aikaisemmin luodun järjestelmän sulavuutta sekä ulkoasua toimeksiantajan standardien mukaisiksi ja tutkia lopuksi tässä onnistumista testaamalla järjestelmän toimivuutta ja helppokäyttöisyyttä testikäyttäjillä. Toimeksiantajan standardit ovat käytännössä heidän asettamiaan vaatimuksia lähinnä ulkoasuun ja tyylikoodiin liittyen, mutta niillä viitataan myös toiminnallisesti valmiiseen lopputulokseen. Lisäksi opinnäytetyöhön kuului 3D-skannerin suulla olevan fyysisen tablettijalan suunnittelu CAD:illa (engl. Computer Aided Design), sekä sen valmistaminen Oulun yliopiston pajan kanssa. Tarkoituksena oli tuottaa mahdollisimman laadukas ja valmis järjestelmä sekä löytää sitten tutkimustyöllä mahdolliset jatkokehityksen kohteet. Hankkeen päätyttyä sen tuloksia voidaan pitemmällä aikavälillä hyödyntää myös järjestelmän tuomiseen julkiseen käyttöön.

Henkilökohtaisia oppimistavoitteita opinnäytetyössä oli monipuolisesti. Oppimistavoitteisiin kuului sekä käytännön asioita että omaan ajatusmaailmaan liittyviä asioita. Käytännön tavoitteisiin kuului esimerkiksi laadukkaan ja helppokäyttöisen käyttöliittymän suunnitteleminen, oikean kohderyhmän tutkiminen sekä tuloksen löytäminen. Ajatusmaailmaan liittyvää puolestaan oli esimerkiksi omaan kädenjälkeen luottaminen sekä itsensä kehittäminen työympäristössä.

2 JÄRJESTELMÄN YLEISKUVA

3D-skannerin oma-aloitteisen käytön mahdollistava järjestelmä koostuu monesta eri osasta. Luvussa 2.1 esitellään eri osat yksityiskohtaisesti. Luvussa 2.2 puolestaan sitten selitetään, miten osat toimivat keskenään.

2.1 Järjestelmän osat

Järjestelmä koostuu käytännössä neljästä eri osasta, jotka voi jaotella kahteen suurempaan kokonaisuuteen. Luvussa 2.1.1 kerrotaan itse 3D-skannerista sekä sen ohjausta varten olevasta tietokoneesta. Luvussa 2.1.2 puolestaan kerrotaan järjestelmän oma-aloitteisen käytön mahdollistavasta web-sovelluksesta ja sen eri osista.

2.1.1 3D-skanneri ja PC

Järjestelmän ensimmäinen kokonaisuus on itse 3D-skanneri sekä sitä ohjaava tietokone. Skannerin kamerajärjestelmä koostuu 115:sta yhteisessä verkossa olevasta Raspberry Pi 3 Model B+-tietokoneesta, jotka on varustettu Raspberry Pi Camera Board v1.3 -kameramoduuleilla (Kuva 1). Kameroiden tarkkuus on 5MP. Lisäksi skanneriin kuuluu kolme Optoma GT1080Darbee -projektoria sekä 10 LED-valonauhaa. Kameroita, valoja sekä projektoreita kannattelee alumiininen kehikko, joka muodostaa pyöreän alueen. Kehikon päälle on teetetty kangas, joka tekee skannerin ulko näöstä siistimmän. 3D-skannerin suulla on tablettijalka, johon on lukittuna Apple iPad Pro 9.7" -tabletti.

Skannerin verkkoon on yhdistettynä kahdella Nvidia RTX 3090 -näytönohjaimella sekä Ryzen 9 5900X -prosessorilla varustettu erittäin tehokas tietokone prosessointia varten. Tietokoneella oleellisia ohjelmia ovat kameroiden ohjausta varten oleva pi3dscan 3D Scan Controller, 3D-mallin muodostusta varten oleva Agisoft Metashape Professional sekä järjestelmän automatisointia varten olevat kaksi Python-skriptiä.



KUVA 1. Näkymä 3D-skanneriteltan sisältä

2.1.2 Web-sovellus

3D-skannerijärjestelmän toinen laajempi kokonaisuus on web-sovellus, jonka avulla järjestelmän ohjaus onnistuu oma-aloitteisesti ja ilman pääsyä päätietokoneelle. Web-sovellukset muodostuvat selain- ja palvelinohjelmistoista (engl. front end ja back end). Selainohjelmistolla tarkoitetaan sovelluksen osiota, jonka kanssa käyttäjä on tekemisissä. Palvelinohjelmisto on puolestaan ikään kuin verhon takana oleva puoli, josta sovelluksen taustatoiminnot löytyvät. (DOJO Creative 2020.)

Skannerijärjestelmän web-sovelluksen palvelinpuoli koostuu Pythonilla kirjoitetusta CGI-skriptistä (engl. Common Gateway Interface). Skripti vastaa päätietokoneen sekä web-sovelluksen välisestä kommunikoinnista. Kommunikoinnissa käytetään REST-ohjelmointirajapintaa (engl. Representational State Transfer). Käytännössä kommunikointi tapahtuu HTTP-protokollan (engl. Hypertext Transfer Protocol) välityksellä käyttäen GET- ja POST-käskyjä. (Amazon AWS 2022.)

Selainpuoli puolestaan koostuu neljästä sivusta, jotka osoittavat skannausprosessin eri vaiheita. Ensimmäinen sivu sisältää skannausprosessin aloittavan painikkeen sekä käyttäjää avustavan ohjeistuspaneelin. Seuraavalla sivulla näytölle ilmestyy 15 sekunnin mittainen sekuntikello. Tämän aikana on myös mahdollista aukaista aikaisempi ohjeistuspaneeli, joka pysäyttää sekuntikellon sekä aloittaa sen alusta sulkeuduttuaan. Kolmas sivu sisältää prosessin edistymistä kuvaavan la-
tauspalkin sekä vaihetta kuvailevan tekstin. Viimeisellä sivulla nähdään esikatselu valmiista 3D-

mallista sekä kysytään käyttäjän sähköpostia. Sivujen ulkoasun toteutusta varten käytettiin Bootstrap v5.0.1 -CSS-kehystä (engl. Cascading Style Sheets). Sivut itse on toteutettu käyttäen HTML:ää (engl. Hypertext Markup Language), ja sivujen toimintojen toteutuksessa käytettiin JavaScriptiä.

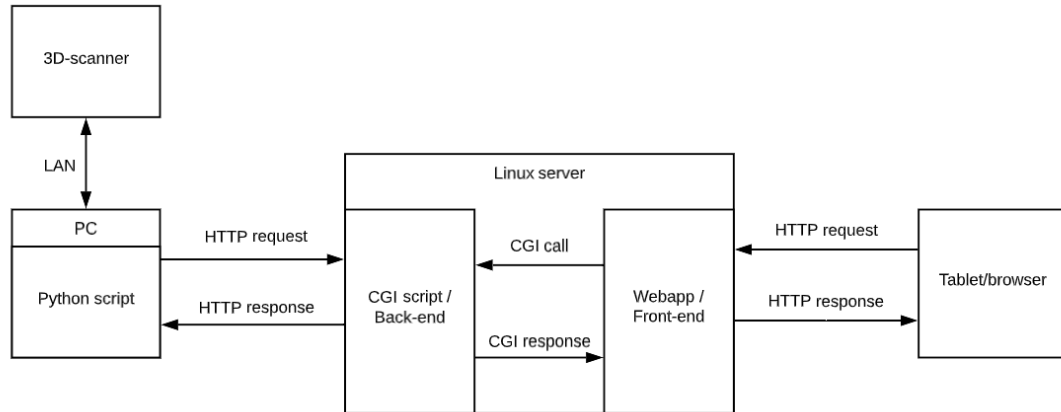
2.2 Järjestelmän toiminta

Prosessi alkaa siitä, että käyttäjä tulee 3D-skannerin suulla olevan tabletin luokse. Tabletin näytöllä on aloitussivu, josta skannausprosessin voi aloittaa. Painettuaan start-nappia käyttäjää ohjeistetaan menemään 3D-skannerin sisälle merkatulle alueelle, keskelle sitä. Näytölle ilmestyy 15 sekunnin sekuntikello. Ajan päättyessä tabletilla pyörivä web-sovellus lähettää palvelimelle HTTP POST -pyynnöllä tiedon, että skannaus on aloitettu (Kuva 2). Skannerin sisältä löytyvät 10 LED-valonauhaa välähtävät kahdesti. Ensimmäisellä välähdyksellä seinillä olevat 115 kameraa ottavat hyvin valaistun kuvan kohteesta, jokainen eri kulmasta. Toisella välähdyksellä skannerin kolme projektorilla heittävät kohteen päälle kattavan ruutukuvion, ja kamerat ottavat siitä toisen sarjan kuvia. Skanneriin yhdistetyllä tietokoneella pyörii skripti, joka pyytää palvelimelta GET-pyyntöillä viiden sekunnin välein skannauksen aloittavaa signaalia. Kun signaali on positiivinen, skripti antaa skannerille 3D Scan Controller -sovelluksella käskyn ottaa uuden sarjan kuvia.

Seuraavaksi käyttäjä tulee 3D-skannerin ulkopuolelle, ja tabletin näytölle ilmestyy latauspalkki. Yh-täaikaisesti taustalla kun kuvat on otettu sekä ladattu tietokoneelle, käskyy skripti aloittaa niistä mallinmuodostusprosessin käyttäen Agisoft Metashape Professionalia. Metashape on ohjelmisto-tuote, joka muodostaa kuvasarjasta 3D-mallin käyttäen fotogrammetrista käsittelyä. (Agisoft Metashape 2023.) Metashape käyttää automaattisesti erillistä skriptiä prosessin toteuttamiseen. Prosessissa toista sarjaa kuvia käytetään itse mallin muodostukseen, ja ensimmäistä sarjaa kuvia käytetään vasta lopuksi teksturointiin. Pääskripti lukee Metashape-prosessin log-tiedostoa ja päi-vittää sen vaihetta palvelimelle käyttäen POST-pyyntöjä. Tabletilla pyörivä web-sovellus puoles-taan pyytää palvelimelta GET-pyyntöillä päivitystä tilanteeseen ja päivittää sen mukaisesti lataus-palkkia.

Mallinmuodostusprosessin valmistuessa tietokoneella pyörivä skripti lähettää POST-pyyntöillä sig-naalin sen valmistumisesta. Sitten skripti pakkaa valmiin 3D-mallin, ja lähettää sen POST-pyyn-nöillä palvelimelle. Web-sovellus saa signaalin, ja vaihtaa sivua. Näytölle ilmestyy palvelimella

oleva uusi 3D-malli, sekä syötelaatikko sähköpostille. Sähköpostin syötettyään käyttäjä saa sinne linkin valmiiseen 3D-malliin, ja web-sovellus vie takaisin aloitussivulle. Tietokoneen skripti palaa takaisin odotustilaan, jossa se odottaa uutta aloitussignaalia.



KÚVA 2. Järjestelmän toimintakaavio

3 JÄRJESTELMÄN VIIMEISTELY

Opinnäytetyö jakautuu kahteen vaiheeseen. Tässä luvussa kerrotaan työn ensimmäisestä vaiheesta, eli aikaisemmin valmistetun 3D-skannerijärjestelmän viimeistelystä testailua varten. Luvussa 3.1 käydään läpi työn lähtökohta. Luvussa 3.2 puolestaan kerrotaan itse 3D-skannerijärjestelmän tuomisesta tutkimuskelpoiseksi.

3.1 Lähtökohta

Opinnäytetyön lähtökohtana toimi siis jo aikaisemmin valmistettu 3D-skannerijärjestelmä, joka kaipasi vielä viimeistelyä niin sulavuuden kannalta kuin visuaalisesti. Tavoitteena oli siis täyttää toimeksiantajan asettamat vaatimukset.

Työhön ryhtyessä 3D-skanneriin sekä sitä ohjaavaan tietokoneeseen liittyen valmiina oli yksittäisiin testailuihin toimiva järjestelmä, joka ei kuitenkaan ollut vielä kovin luotettava. Esimerkiksi järjestelmää ohjaavasta Python-skriptistä puuttui vielä yksityiskohtaisempi virheenkäsittely.

Myös web-sovelluksen kannalta aloitusvaiheessa oli yksittäisissä testauksissa toimiva, mutta vielä etenkin front endin visuaaliselta puolelta hyvinkin keskeneräinen sovellus. Esimerkiksi fontit, tausta, nappien ulkoasu sekä yleinen värimaailma tuli muokata toimeksiantajan tyylikoodin mukaisiksi. Käyttöliittymä skaalautui myös huonosti käytössä olevan Apple iPad Pro 9.7” -tabletin näyttöön. Lisäksi käyttöliittymä kaipasi lukuisia pienempiä muutoksia esimerkiksi tekstilaatikoiden sisältoihin.

Tarkoituksena oli myös suunnitella, miten käyttöliittymää käytetään järjestelmän ohessa. Lähtövaiheessa oli idea siitä, että jonkinlainen jalka pitäisi suunnitella ja toteuttaa käyttöliittymää pyörittävää tablettia varten.

3.2 Viimeistelyvaihe

Viimeistelyvaihe käynnistettiin tutkimalla lähtökohtaa, ja tekemällä vaiheelle selkeä toimintasuunnitelma. Vaihe jakautuikin selvästi kolmeen osaan, joista kerrotaan seuraavaksi.

3.2.1 3D-Skanneri ja PC

3D-skannerin päätietokoneella on kaksi Python-skriptiä. Toinen niistä toimii pääskriptinä, joka automatisoi järjestelmää sekä kommunikoi palvelimen kanssa. Toinen skripti puolestaan automatisoi kuvasarjasta 3D-malliksi prosessoivan Agisoft Metashapen toiminnan.

Kuten aikaisemmin mainittiin, skriptit olivat jo toimivia työn lähtövaiheessa, mutta takkuilivat ja kaatuilivat vielä paljon. Työhön lähdettiin lisäämällä skripteihin virheen käsittely, joka esti järjestelmän kaatumisen. Ehkä suurempi ongelma kuitenkin oli skriptien välinen kommunikointi. Esimerkiksi vaikka Metashape-prosessointi oli kesken, pääskripti saattoi lukea prosessoinnin olevan valmis. Ongelma oli hankala paikantaa, mutta sain sen lopulta korjattua tekemällä kommunikoinnille kokonaan oman log-tiedoston.

Myös pääskriptin sekä serverin väliltä löytyi takkuilua. Prosessoinnin päätteeksi skripti pakkasi sekä lähetti valmiit tiedostot serverille. Lähetys ei kuitenkaan aina onnistunut, jonka takia serveriltä löytyikin välillä esimerkiksi vain puolet tiedostoista. Korjasin tämän tekemällä skriptiin osan, joka varmistaa lähetysten onnistuneen.

Lopputuloksena oli huomattavasti sulavampi sekä luotettavampi järjestelmä, joka ei enää kaatuillut muutaman skannauksen välein.

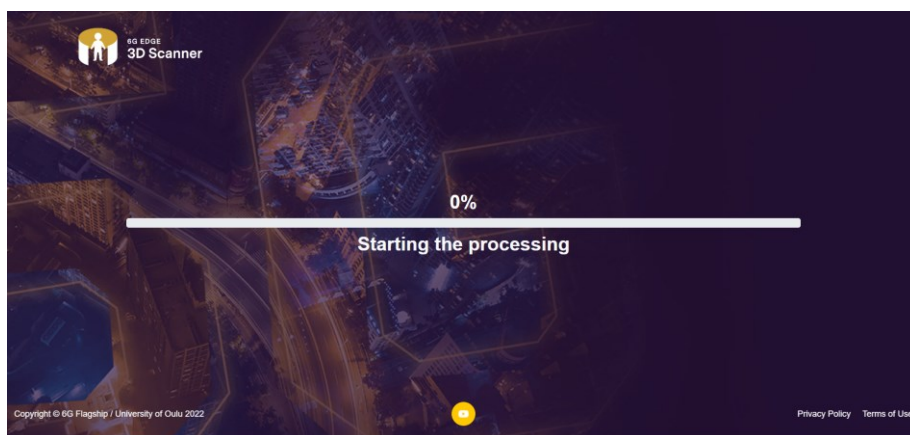
3.2.2 Web-sovellus

Kuten aikaisemmissa luvuissa on mainittu, web-sovellus koostuu selainpuolesta sekä palvelinpuolesta. Suurin osa viimeistelystä liittyi selainpuoleen, mutta myös palvelimen CGI-skripti tarvitsi muokkausta.

Yksi ongelma liittyi aikaisemmin mainittuun skanneri-tietokoneen sekä serverin väliseen kommunikointiin. Serverin puolella CGI-skriptillä ei ollut oikeuksia tallentaa tiedostoja haluttuun paikkaan verkkosivujen kansiossa. Tämä kuitenkin oli varsin nopea korjaus. Itse CGI-skriptiä täytyi myös muokata hieman lisäämällä toiminto, joka poistaa vanhoja tiedostoja serveriltä uusien tullessa tallennustilan säilyttämiseksi.

Selainpuoli puolestaan tarvitsi lähinnä visuaalisia muutoksia. Alkuperäinen käyttöliittymä oli suunniteltu tietokoneella joka sai sen näyttämään huonolta tabletilla. Lisäksi sivut tehtiin toimeksiantajan tyylikoodin mukaiseksi, joten esimerkiksi sivujen styles.css-tiedosto käytiin läpi käyttäen oikeita asetuksia. Käyttäjän apuvalikkoon sekä esimerkiksi prosessoinnin vaihetta näyttävän latauspalkin alle lisättiin puuttuvat tekstit (Kuva 3). Lisäsin verkkosivuille myös manifest.json-tiedoston. Tiedosto sisältää sovelluksesta tietoa json-muodossa, ja se auttaa tablettia näyttämään sivut oikein. (MDN Web Docs 2022.) Myös verkkosivujen JavaScript-puoli tarvitsi lisäyksiä esimerkiksi virheenkorjaukseen liittyen. Jos järjestelmässä tapahtuu virhe, sivu osaa nollata arvot takaisin aloituspisteeseen.

Kävin lopuksi vielä koko käyttöliittymän läpi helppokäyttöisyyden kannalta. Hyvä käyttöliittymä ei pakota käyttäjää miettimään, mitä seuraavaksi pitää tehdä. Hyvän käyttöliittymän piirteitä ovat esimerkiksi yksinkertaisuus, yhtenäisyys sekä mahdollisimman matala kognitiivinen kynnyks. (Kreitzberg 2017.)



KUVA 3. Valmis prosessoinnin vaihetta kuvaava sivu

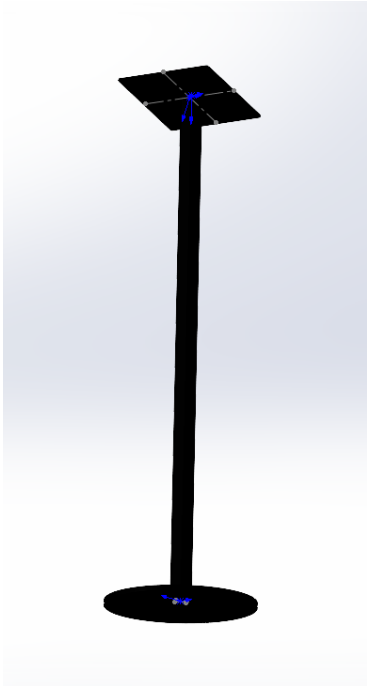
3.2.3 Tablettijalka

Lähtövaiheessa oli idea, että laitteistoon kuuluva tabletti lukittaisiin 3D-skannerin oviaukolla olevaan jalkaan, josta sitä olisi helppo käyttää. Tabletiksi valittiin Apple iPad Pro 9.7”.

Aluksi täytyi miettiä, minkälainen jalan tulisi olla. Etsin markkinoilta sopivaa tablettijalkaa, mutta päädyin siihen lopputulokseen, että se olisi parasta suunnitella sekä valmistaa itse yhteistyössä Oulun yliopiston pajan kanssa. Tablettia ympäröivä osuus oli kuitenkin helpompi tilata valmiina. Käytin suunnitteluun Autodesk AutoCAD -mallinnussovellusta. Otin suunnittelussa myös mallia vastaavanlaisista markkinoilta jo löytyvistä jaloista.

Kun sain ensimmäisen konseptini valmiiksi, menin näyttämään sitä pajalle. Päädyimme siihen lopputulokseen, että suunnittelemani jalka oli ehkä hieman ylisuunniteltu ja liian jyrkäv. Aloitimme alusta ja suunnittelimme sen uusiksi. Lopulta jalka oli mallinnettu sopivaksi, ja valmistus sai alkaa (Kuva 4.). Jalan valmistuksessa kesti noin viikko, jonka jälkeen sen sai hakea pajalta.

Kaiken kaikkiaan tablettijalka onnistui hyvin, joskin viivästytti aikataulua aika paljon uudelleensuunnittelun sekä valmiin tablettia ympäröivän kotelon tilauksen kera.



KUVA 4. Tablettijalan CAD-malli

4 KÄYTTÄJÄKOESTUS

Opinnäytetyön toinen vaihe on viimeistellyn järjestelmän testaaminen esimerkiksi sulavuuden sekä helppokäyttöisyyden kannalta kohderyhmällä. Luvussa 4.1 kerrotaan tutkimustyön suunnitteluvaiheesta. Luvussa 4.2 puolestaan kerrotaan siitä, miten tutkimus käytännössä onnistui.

4.1 Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaihe aloitettiin listaamalla tutkimuksen haluttuja tavoitteita ylös tärkeysjärjestyksessä. Yksi opinnäytetyön päätavoitteista oli valmistaa toimeksiantajan asettamiin vaatimuksiin ylettyvä järjestelmä, joten tutkimuksella pyrittiin loogisesti vastaamaan ainakin siihen, onnistuttiinko tässä. Tavoitteena oli myös löytää järjestelmälle mahdollisia jatkokehityksen kohteita.

Todettiin, että paras tapa toteuttaa tutkimus oli järjestää testitilaisuus, jossa kohderyhmä pääsisi kokeilemaan toimivaa järjestelmää, sekä arvioimaan sitä annetulla kyselylomakkeella (Liite 1). Ajateltuja testihenkilöitä tulivat olemaan esimerkiksi vapaaehtoiset työkaverit, opiskelijat yms. henkilöt työympäristön läheltä. Kyselylomake tehtiin ympäristön vuoksi englanniksi, ja sisälsi viisi kysymystä. Kysymykset liittyivät käyttöliittymän helppokäyttöisyyteen, sulavuuteen, ulkonäköön, skannausprosessin loogisuuteen, tablettijalkaan, sekä valmiiseen kokonaisuuteen.

Suunnitteluvaiheessa oli myös ajatus siitä, että 3D-skannerin voisi viedä esimerkiksi yliopiston käytävälle pitempiaikaista ja laajempaa tutkimusta varten. Tämän järjestämiselle ei kuitenkaan löytynyt aikataulusta paikkaa.

4.2 Toteutus

Kun suunnitteluvaihe saatiin valmiiksi, tutkimusvaiheen kannalta kaikki oli valmiina testitilaisuuden järjestämistä varten. Tablettijalka oli kuitenkin vielä pajalla valmistumassa, ja työstä riippumattomista asioista johtuen itse 3D-skanneria ei ollut mahdollista kytkeä verkkoon. Tässä vaiheessa tehtiin päätös odotella testitilaisuudelle parempaa ajankohtaa.

Tablettijalka valmistui, ja muutaman viikon kuluttua katsottiin tilannetta uudestaan. Verkko-ongelma ei ollut edistynyt, joten tehtiin päätös pitää tilaisuus ilman toimivaa 3D-skanneria. Sen sijasta, että järjestelmä olisi prosessoinut sillä hetkellä otettuja kuvia, käytettiin aikaisempaa kuvasarjaa. Tilaisuus kuitenkin pidettiin paikan päällä 3D-skannerin luona, joten poikkeustilanne ei käytännössä vaikuttanut tutkimuksen lopputulokseen.

Paikan päälle tilaisuuteen tuli neljä henkilöä, joilta ei löytynyt aikaisempaa kokemusta järjestelmän käytöstä. Järjestelmä toimi kertaalleen läpi asti, mutta jäi toisella kerralla jumittamaan ja resetoimaan itseään. En kyseisellä hetkellä saanut paikannettua ongelmaa, joten tilaisuus jouduttiin jättämään siihen. Myöhemmin paikansin viaksi sen, että prosessointitietokoneen kovalevyt olivat täynnä, joten uudelle mallille ei yksinkertaisesti ollut tilaa tallentua. Kuvasin toimivasta järjestelmästä vielä paikalla olleille koehenkilöille videon, joka kävi kaikki toiminnot läpi sekä näytti järjestelmän toiminnassa.

Paikalla olleet koehenkilöt saivat kuitenkin videon sekä tilaisuuden kautta tarpeeksi kokemusta järjestelmän käytöstä kyselylomakkeen täyttöä varten. Tutkimuksen toteutusvaihe oli täynnä epäonnistumisia, mutta niistä huolimatta saatiin lopulta tarpeeksi käyttäjädataa tutkimustyön loppuun viemiseksi.

5 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tutkimusvaihe vietiin onnistuneesti loppuun, ja tuloksia saatiin kiitettävästi. Luvussa 5.1 kerrotaan työn tuloksista. Luvussa 5.2 puolestaan käydään läpi johtopäätöksiä sekä sitä, onnistuttiinko opinnäytetyön alkuvaiheessa asetetuissa tavoitteissa.

5.1 Tulokset

Tutkimuksen tuloksien ytimenä toimivat koetilaisuudessa jaetuista kyselylomakkeista (liite 1) saadut käyttäjäpalautteet. Taulukosta 1 nähdään koehenkilöille jaetuista kyselylomakkeista saadut tulokset. Ensimmäiset kaksi väitettä koskevat käyttöliittymän helppokäyttöisyyttä sekä sitä, kuinka valmiilta se tuntuu. Tuloksista voidaan todeta, että käyttöliittymä oli hyvinkin onnistunut. Kenelläkään koehenkilöistä ei ilmennyt ongelmia käyttöliittymän ymmärtämisessä tai käytössä, ja yleinen mielipide oli erittäin positiivinen.

Kyselylomakkeen kolmas väite koskee koko skannausprosessin loogisuutta ensimmäisestä painikkeen painalluksesta valmiiseen 3D-malliin. Tulokset ovat asteen erimielisempiä. Esille nousi, että nykyinen järjestys pakottaa käyttäjän odottamaan 3D-mallin prosessoinnin loppuun asti ennen tietojen syöttöä. Järjestelmä voisi toimia myös niin, että se kysyy tiedot ennen prosessointia. Prosessi on kuitenkin jo yleisesti ottaen looginen ja hyvä. Neljäs väite puolestaan koskee tablettijalan ergonomiaa sekä ulkonäköä. Saadut tulokset ovat kaikin puolin positiivisia. Jalka ei aiheuttanut suurempaa keskustelua, mutta yksi parannusehdotus oli kiinnittää sen alustan pohjaan muutama huopatassu lievän keinumisen estämiseksi.

Lomakkeen viimeisessä väitteessä otetaan kantaa koko käyttökokemukseen ja siihen, tuntuuko se valmiilta. Yleinen mielipide oli se, että käyttökokemus on todella hyvä, joskin se olisi täydellinen muutamalla selvällä muutoksella.

TAULUKKO 1. Kyselylomakkeista saadut tulokset.

Esitetty Väite	Tuloksien Keskiarvo 1-5, 5 = Samaa mieltä	Yleinen Mielipide
Käyttöliittymä on helppokäyttöinen ja intuitiivinen	4,7	Käyttäminen onnistuu helposti ilman kokemusta.
Käyttöliittymä näyttää ja tuntuu valmiilta	4,7	Ei valittamista, kaikin puolin hyvä.
Skannausprosessi on looginen	3,7	Käyttäjän tiedot voisi kysyä ennen prosessointia.
Tablettijalka tuntuu hyvältä eikä pistä silmään	4	Näyttää hyvältä, pienellä muokkauksella täydellinen.
Kokemus oli kokonaisuudessaan valmiin tuntuinen	4	Kaiken kaikkiaan hyvä, kaipaa pieniä muutoksia.

5.2 Johtopäätökset

Opinnäytetyön alkuvaiheessa asetetuista tavoitteista keskeisin oli tehdä keskeneräisestä 3D-skannerijärjestelmästä valmis, sulava, helppokäyttöinen sekä kaikin puolin viimeistellyn oloinen tuote, jossa onnistumista tutkittiin antamalla se koehenkilöille kokeiltavaksi. Tuloksien perusteella voidaan todeta, että tavoitteessa onnistuttiin.

Työn alkuvaiheessa toiseksi selväksi tavoitteeksi mainittiin jatkokehityksen kohteiden löytäminen. Yksi selvä parannusehdotus, mikä tutkimuksesta saatiin esille on käyttäjätietojen kysyminen jo ennen prosessointia. Tämä mahdollistaisi tulevaisuudessa esimerkiksi sen, että käyttäjät voisivat käydä ottamassa kuvasarjat peräkkäin ilman odottelua, ja itse prosessointi tapahtuisi taustalla jona.

Omia oppimistavoitteita olivat työhön lähtiessä esimerkiksi laadukkaan ja helppokäyttöisen käyttöliittymän suunnittelu sekä omaan kädenjälkeen luottaminen. Opinnäytetyön aikana olen näiden lisäksi kehittänyt myös ohjelmointitaidoissani sekä itsenäisessä työskentelyssäni. Opin myös paljon tutkimuksen toteuttamisesta.

Opinnäytetyön tutkimusta voidaan tulevaisuudessa käyttää esimerkiksi 3D-skannerijärjestelmän jatkokehitykseen ja viemiseen kohti sen lopullista käyttötarkoitusta. Lyhyemmällä aikavälillä järjestelmän voisi viedä vaikka julkiseen käyttöön, mutta pitkällä tähtäimellä se voi toimia pohjana laajalle skaalalle erilaisia toteutuksia esimerkiksi pelialalla.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli 3D-skannerijärjestelmän viimeistely sekä lopputuloksen tutkiminen. Aihe syntyi toimeksiantajan tarpeesta saada puolivalmis järjestelmä valmiiksi. Pelkkä järjestelmän viimeistely ei kuitenkaan riittänyt opinnäytetyön aiheeksi asti, joten työhön lisättiin myös valmiin järjestelmän tutkintaosio.

Muutamasta haasteesta huolimatta opinnäytetyöllä saatiin mielestäni vastattua tehtävänasettelussa esitettyihin kysymyksiin hyvin. Työn tuotteena saatiin kaikin puolin toimiva 3D-skannerijärjestelmä, joka vastasi lähtökohdan odotuksia. Myös tutkimus saatiin toteutettua onnistuneesti, joskin se jäi ehkä suppeammaksi kuin lähtökohdassa ajateltiin. Olisi ollut hienoa saada järjestelmä esimerkiksi yliopiston käytävälle kaikkien kokeiltavaksi jo opinnäytetyöni aikana. Tutkimuksen tuloksia voidaan kuitenkin soveltaa järjestelmän jatkokehitykseen ja tuomiseen vaikkapa julkiseen käyttöön.

Mielestäni työn aihe oli mielenkiintoinen, koska se oli suoraa jatkoa aikaisemmille projekteilleni. Työn viimeistelyvaiheen toteutuksesta minulla oli jo lähtökohdassa idea, mutta tutkimusvaihe oli kokonaan uutta. Työ puski minua sopivasti mukavuusalueen ulkopuolelle. Muutamasta epäonnistumisesta huolimatta opinnäytetyö saatiin onnistuneesti pakettiin, josta olen tyytyväinen.

LÄHTEET

Agisoft Metashape 2023. Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 2.0.

Hakupäivä 8.1.2023. https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_2_0_en.pdf.

Amazon AWS 2022. What Is Restful Api? Hakupäivä 20.12.2022. <https://aws.amazon.com/what-is/restful-api/>.

DOJO Creative 2020. Front End vs Back End of Your Website: Everything You Need to Know.

Hakupäivä 16.12.2022. <https://letsgodojo.com/front-end-vs-back-end/>.

Kreitzberg,Charlie 2017. The Intuitive Interface. User Experience Office. Princeton University. Hakupäivä 20.12.2022.

<https://ux.princeton.edu/learn-ux/blog/intuitive-interface>.

MDN Web Docs 2022. Web app manifests. Hakupäivä 16.12.2022.

<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Manifest>.

3D SCANNER / SURVEY

	Question	Disagree			Agree		Written Feedback (optional)
1.	The UI is easy to use and intuitive	1	2	3	4	5	
2.	The UI looks and feels finished						
3.	The process is logical from start to finish						
4.	The tablet stand doesn't feel out of place/clunky to use						
5.	The experience as a whole feels finished						

Overall feedback / possible improvements

--